

**PENENTUAN KAPASITANSI SPESIFIK KARBON AKTIF TEMPURUNG KEMIRI
(*Alleurites mollucana*) HASIL MODIFIKASI DENGAN HNO₃, H₂SO₄, DAN H₂O₂
MENGUNAKAN METODE *CYCLIC VOLTAMMETRY***

Riska Wulandari, Muhammad Zakir, dan Abdul Karim

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin Jl.

Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245 email: riskawuland10@gmail.com

Abstrak. Telah diteliti modifikasi permukaan HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂ pada karbon aktif yang dibuat dari tempurung kemiri untuk meningkatkan nilai kapasitansi spesifik. Karbon aktif tempurung kemiri disintesis menggunakan aktivator H₃PO₄. Luas permukaan karbon tempurung kemiri yang diperoleh sebelum dan sesudah modifikasi dengan perbandingan volume/massa yang bervariasi berturut-turut adalah 105,127 m²/g, 112,488 m²/g, 124,190 m²/g, dan 135,167 m²/g. Analisis menggunakan FTIR menunjukkan bahwa modifikasi HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂ pada permukaan karbon aktif tempurung kemiri berdasarkan pengukuran *Cyclic Voltammetry* menunjukkan bahwa modifikasi permukaan dengan menggunakan asam oksidatif dapat meningkatkan nilai kapasitansi spesifik. Kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kemiri *non treatment*, HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂ adalah 31,9, 127, 124, dan 40,2 µF/g.

Kata kunci: modifikasi permukaan, kapasitansi spesifik, karbon aktif, *cyclic voltammetry*

Abstract. Modification of HNO₃, H₂SO₄, and H₂O₂ surface on activated carbon made from candlenuts shell to increase the value of specific capacitance has been investigated. Activated carbon from candlenuts shell synthesized using H₃PO₄ activator. The obtained surface area of the candlenuts shell carbon before and after modification with ratio of volume/mass that varies consecutively are 105,127 m²/g, 112,488 m²/g, 124,190 m²/g, and 135,167 m²/g. Analysis using FTIR shows that modifications HNO₃, H₂SO₄ and H₂O₂ on the surface of the candlenuts shell activated carbon based on *Cyclic Voltammetry* measurement is the surface modification by using oxidative acid can increase the value of specific capacitance. Specific capacitance of non-treatment candlenuts shell activated carbon, HNO₃, H₂SO₄ and H₂O₂ are 31,9; 127; 124; and 40,2 µF/g.

Keywords: surface modification, specific capacitance, activated carbon, cyclic voltammetry

1.PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia selama ini sebagian besar bertumpu pada jenis bahan bakar minyak dan gas bumi, dengan minyak sebagai prioritas utama. Minyak mentah atau disebut juga bahan bakar fosil merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga diperlukan adanya sumber energi lain yaitu penyimpanan energi elektrokimia.

Kapasitor dan baterai adalah alat penyimpan energi listrik yang biasanya digunakan pada alat elektronik seperti yang diaplikasikan pada laptop, kamera, ponsel dan mainan anak-anak. Kapasitor elektrokimia merupakan salah satu jenis superkapasitor yang memiliki keunggulan yaitu densitas daya yang lebih tinggi daripada baterai dan densitas energi yang ribuan kali lebih tinggi daripada kapasitor konvensional. Superkapasitor mampu melakukan proses pengisian (*charging*) hanya dalam waktu 2-5 menit. Untuk meningkatkan kapasitansi kapasitor diperlukan suatu material yang memiliki konduktivitas elektrik tinggi dan dapat diaplikasikan pada elektroda superkapasitor (Adhytiawan dan Susanti, 2013).

Limbah biomassa dalam jumlah besar yang berasal dari perkebunan, rumah tangga, pertanian maupun industri, dapat menjadi pencemar apabila tidak dikelola dengan baik. Selama ini, limbah biomassa biasanya dibuang atau dibakar begitu saja dan belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, limbah biomassa sangat berpotensi menghasilkan zat kimia yang bernilai ekonomi dan bahan intermediet untuk bahan bakar, salah satunya yaitu limbah tempurung kemiri (Ulfah dan Nurfaridah, 2014)

Jumlah produksi buah kemiri di Indonesia pada tahun 2002 menurut Biro Pusat Statistik adalah sebesar 1.703.362 kg (BPS). Untuk mengatasi peningkatan produksi sampah karena keterbatasan lahan

tempat pembuangan akhir (TPA), maka upaya yang dikembangkan untuk mengolah beberapa hasil samping seperti tempurung kemiri agar dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi, seperti tempurung kemiri yang sangat potensial untuk diolah menjadi arang aktif.

Sifat adsorpsi dari suatu sangat dipengaruhi pada permukaan karbon tersebut. Gugus oksida tersebut terbentuk akibat adanya adsorpsi kimia antara permukaan karbon dan oksigen yang ada di udara. Gugus oksida tersebut juga dapat dibentuk dengan menambahkan beberapa jenis larutan oksidator seperti H_2O_2 , HNO_3 , NaOCl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, AgNO_3 , dan H_2SO_4 (Wibowo dkk., 2004).

Cyclic voltammetry merupakan suatu metode pengukuran dengan menggunakan sensor elektrokimia untuk mengukur besar arus yang dihasilkan dari proses transfer elektron antara elektroda dan larutan kimia selama pemberian tegangan pada elektroda dalam sebuah sel elektrokimia. Proses pengukuran ini dilakukan secara otomatis yang dikontrol dengan program perangkat lunak yang telah dibuat. Hasil akhir yang didapatkan setelah melakukan pengukuran dengan prototip ini, pengguna akan dapat melihat respon arus terhadap tegangan, yang disebut kurva voltamogram siklik (Puranto, 2010).

Pada penelitian ini, karbon tempurung kemiri telah dimodifikasi permukaannya menggunakan larutan oksidator HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 . Selanjutnya, produk karbon akan dikarakterisasi dengan FTIR untuk menganalisis gugus fungsi Metode titrasi Boehm digunakan untuk melihat peningkatan gugus fungsi pada karbon aktif, metode metilen biru dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menghitung luas permukaan spesifik dari karbon aktif, dan yang terakhir menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk menghitung

kapasitansi spesifik dari karbon aktif tempurung kemiri yang disintesis.

2. METODE

2.1 Proses Karbonisasi

Tempurung kemiri yang sudah bersih dan kering dipecah kecil-kecil. Sebanyak 100 gram tempurung kemiri kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin lalu dipanaskan dalam tanur pada temperatur 380 °C selama 1 jam. Proses ini akan menghasilkan karbon tempurung kemiri. Setelah karbonisasi, karbon yang dihasilkan kemudian didinginkan, dihaluskan, lalu diayak dengan ukuran 100 mesh (Surest dkk., 2008).

2.2 Aktivasi

Karbon tempurung kemiri direndam dengan larutan aktivator H_3PO_4 85 % dengan perbandingan volume H_3PO_4 /massa karbon 4:1, 5:1, 6:1 dengan waktu perendaman 24 jam. Kemudian karbon tempurung kemiri disaring dengan menggunakan corong *buchner* dengan akuades hingga pH netral. Sampel yang telah didapat dikeringkan di dalam oven pada suhu 110 °C selama 1 jam. Selanjutnya karbon aktif tempurung kemiri didinginkan dalam desikator (Surest dkk., 2008).

2.3 Karakterisasi Luas Permukaan dengan Metode Metilen Biru

Luas permukaan ditentukan dengan menggunakan metilen biru berdasarkan kemampuan adsorpsi karbon terhadap senyawa metilen biru, yang mana masing-masing sebanyak 0,2 gram karbon tempurung kemiri, karbon aktif tempurung kemiri (volume H_3PO_4 /massa karbon) (4:1), karbon aktif tempurung kemiri (5:1), dan karbon aktif tempurung kemiri (6:1) masing-masing dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian dicampurkan dengan 20 mL larutan metilen biru 600 ppm kemudian distirer selama 20 menit. Selanjutnya

campuran disaring, kemudian filtrat yang dihasilkan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum, adapun larutan standar dibuat dari larutan metilen biru dengan konsentrasi 1, 2, 4, 8, dan 16 ppm yang diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum lalu dibuat kurva kalibrasi untuk menentukan konsentrasi sampel.

2.4 Modifikasi Permukaan

Karbon yang sudah teraktivasi dicampur dengan agen kimia HNO_3 65 %, H_2SO_4 95 %, H_2O_2 30 % dengan perbandingan massa 2:1, (volume:massa karbon aktif), dan kemudian dikocok dengan laju konstan (120 osilasi per menit) selama 24 jam. Setelah itu dicuci dengan akuades berulang-ulang sampai mendapatkan pH 6,5. Kemudian dikeringkan karbon aktif termodifikasi HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 dalam oven selama 24 jam pada suhu 110 °C (Ismanto dkk., 2010).

2.5 Karakterisasi Permukaan Karbon Aktif Secara Kimia melalui Metode Titrasi Boehm

0,2 gram karbon aktif dimasukkan ke dalam 4 labu ukur 20 mL yang masing-masing berisi 0,05 N Na_2CO_3 , 0,05 N NaHCO_3 , 0,05 N NaOH dan 0,05 N HCl kemudian campuran didiamkan selama 24 jam. Setelah itu larutan dipisahkan dari karbon secara dekantasi. Larutan yang telah dipisahkan, masing-masing diambil sebanyak 5 mL dari larutan Na_2CO_3 , NaHCO_3 , dan NaOH , kemudian ditambahkan indikator PP, ditambahkan HCl berlebih, lalu dititrasi balik dengan menggunakan 0,05 N larutan NaOH yang telah standarisasi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ dan untuk larutan HCl diambil sebanyak 5 mL, ditambahkan indikator MM, dan ditambahkan NaOH berlebih, kemudian dititrasi balik dengan menggunakan 0,05 N HCl yang

distandarisasi dengan menggunakan asam oksalat (Goertzen dkk., 2010).

2.6 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FT-IR

Karakterisasi FT-IR dilakukan dengan menggunakan FT-IR model Shimadzu 820 IPC di Laboratorium Kimia Terpadu Jurusan Kimia FMIPA Unhas dengan preparasi sampel metode pellet KBr. Preparasi sampel dilakukan dengan 1-10 mg sampel dihaluskan dan dicampur dan dicampur dengan 100 mg KBr dan dicetak menjadi cakram tipis atau pelet lalu dianalisis.

2.7 Pembuatan Elektroda Karbon

Badan elektroda dibuat dengan menghubungkan kawat tembaga dan platina menggunakan solder uap. Setelah itu dimasukkan ke dalam pipet tulip dan direkatkan menggunakan parafilm. Karbon aktif tempurung kemiri modifikasi HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 masing-masing dicampur dengan lilin parafin dengan perbandingan massa karbon/massa lilin parafin adalah 1:1 dan diaduk sampai homogen menggunakan spatula pada cawan petri. Setelah itu, pasta karbon dimasukkan ke dalam badan elektroda dengan cara ditekan menggunakan spatula agar memadat dan merata (Vytras dkk., 2009; Wachid dan Setiarso, 2014).

2.8 Pengukuran Kapasitansi Spesifik dengan *Cyclic Voltammetry*

Elektroda pasta karbon diukur kapasitansi spesifik penyimpanan energinya dengan menggunakan teknik *cyclic voltammetry*. Pengukuran ini menggunakan tiga elektroda yaitu elektroda Pt, elektroda Ag/AgCl dan elektroda pasta karbon. Pengujian elektroda dilakukan dengan laju scan 50 mV/s menggunakan larutan elektrolit H_2SO_4 0,1 M sehingga diperoleh voltammogram tegangan dan arus,

kemudian dihitung nilai kapasitansi spesifik penyimpanan energinya (Ismanto dkk., 2010).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan Karbon Tempurung Kemiri

Tempurung Kemiri diambil dari Desa Mario Pulana, Kecamatan Camba, Maros. Kadar karbon yang terikat adalah 97 %. Suhu optimum karbonisasi tempurung kemiri adalah 380 °C dengan menggunakan tanur selama 1 jam.

3.2 Karakterisasi Luas Permukaan Dengan Metode Metilen Biru

Luas permukaan karbon tempurung kemiri sebelum dan sesudah aktivasi diukur dengan metode metilen biru. Prinsip metode metilen biru ini berdasarkan pada daya adsorpsi karbon mesopori terhadap zat warna metilen biru. Pengukuran luas permukaan dengan metilen biru dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ maks. 643 nm. Luas permukaan dari karbon dihitung menggunakan Persamaan 1 dan 2

$$X_m = \frac{(\text{Co}-\text{Ce}) \times V}{g} \quad (1)$$

$$S = \frac{X_m \times N \times a}{M_r} \quad (2)$$

Keterangan:

S = luas permukaan adsorben (m^2/g)

N = bilangan Avogadro ($6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

X_m = berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)

a = luas permukaan oleh satu molekul metilen biru ($197 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$)

Co = konsentrasi awal

Ce = konsentrasi akhir

Hasil analisis luas permukaan karbon aktif tempurung kemiri sebelum dan sesudah aktivasi 4:1, 5:1, dan 6:1 (volume

aktivator/massa karbon) sebagai pembanding dengan metilen biru ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan data Tabel 1 dapat dilihat bahwa luas permukaan dari tempurung kemiri sebelum aktivasi adalah 105,127 m²/g, dan meningkat dengan menggunakan aktivator 4:1. Hasil tersebut juga tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan luas permukaan karbon aktif tempurung kemiri 5:1, dan 6:1. Hal ini menunjukkan bahwa

luas permukaan karbon aktif tempurung kemiri lebih tinggi pada 6:1. Hal ini diakibatkan semakin banyaknya jumlah H₃PO₄ yang digunakan, maka semakin banyak pula jumlah pori yang akan terbentuk akibat terjadinya *cross-linking* dari H₃PO₄ dengan rantai karbon yang terdapat pada struktur biomassa tempurung kemiri melalui proses aktivasi. Sehingga menyebabkan terbentuk banyak pori-pori dengan ukuran diameter yang kecil.

Sampel	SMB (m ² g ⁻¹)
Sebelum aktivasi	105,127
4:1	112,488
5:1	124,940
6:1	135,167

SMB: luas permukaan

Tabel 1. Luas Permukaan Karbon Tempurung Kemiri

Selain volume aktivator, salah satu faktor penting yang juga mempengaruhi besar kecilnya luas permukaan karbon adalah modifikasi permukaan. Modifikasi permukaan bertujuan untuk menambah gugus aktif. Gugus aktif yang ditambahkan adalah gugus oksigen dengan menggunakan larutan oksidator HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂ dan dikarakterisasi dengan FTIR.

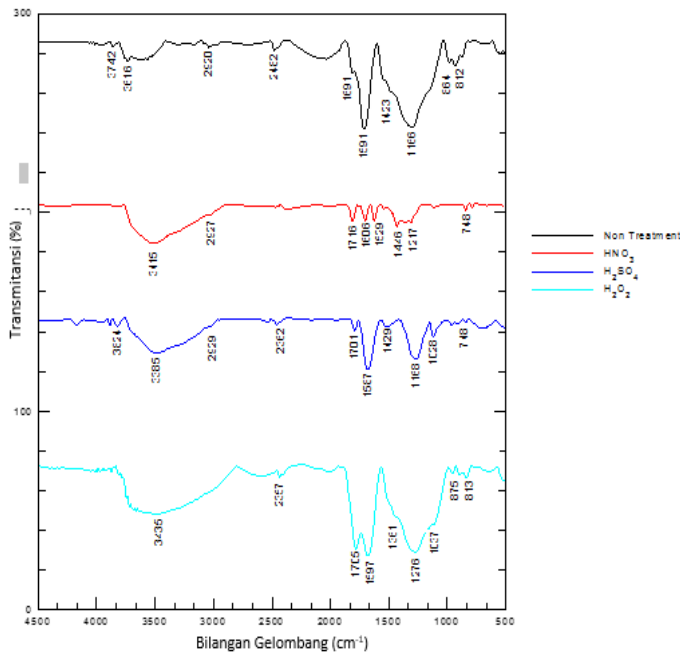
3.2 Karakterisasi Dengan FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk menentukan gugus fungsional. Spektrum FTIR memberikan data gugus fungsional pada permukaan karbon yang diaktifkan dan dimodifikasi secara kualitatif berdasarkan karakteristik energi yang diserap dalam gugus tertentu.

Pada Gambar 1 memperlihatkan spektrum karbon aktif tempurung kemiri sebelum dan sesudah modifikasi dengan oksidator HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂. Hasil

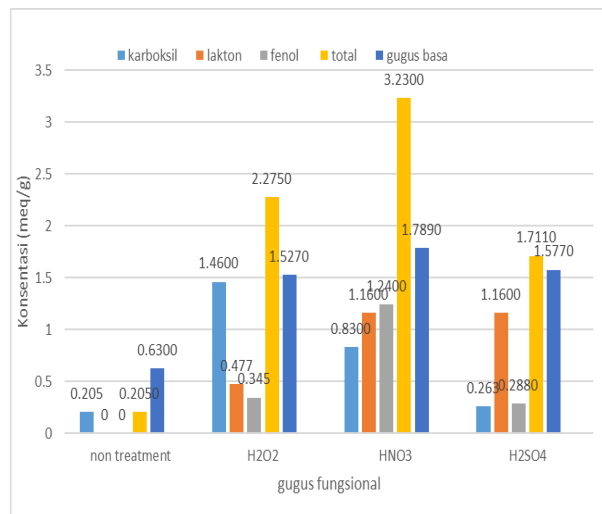
FTIR karbon aktif tempurung kemiri memiliki serapan gugus fungsional pada permukaan karbon aktif, serapan-serapan ini yang merupakan masing-masing gugus fungsi -C-O, -C=O, dan -OH. Peningkatan serapan-serapan menunjukkan peningkatan karbonil, hidroksil, quinon, dan gugus lakton. Kemudian, konsentrasi masing-masing gugus fungsi bisa ditentukan menggunakan titrasi Boehm.

Pada tahun 1994 Hans Peter Boehm mengembangkan suatu metode titrasi yang disebut metode titrasi Boehm untuk menentukan konsentrasi gugus fungsional permukaan yang mengandung oksigen dari karbon. Gugus yang mengandung oksigen seperti karbonil, hidroksil, karboksil, dan quinon adalah beberapa gugus fungsional yang memberikan positif efek pada kinerja elektroda berbasis karbon aktif.



Gambar 1. Spektrum FTIR karbon aktif tempurung kemiri sebelum dan sesudah modifikasi

Reaktan Boehm dapat menetralkan gugus fungsional. NaOH dapat menetralkan gugus karboksilat, fenol, dan lakton, Na_2CO_3 dapat menetralkan gugus karboksilat dan lakton, dan NaHCO_3 menetralkan satunya gugus karboksilat.



Gambar 2. Perbandingan konsentrasi gugus fungsi karbon aktif termodifikasi HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2

Gambar 2 menunjukkan total gugus asam dan gugus basa pada perlakuan dengan HNO_3 meningkat daripada konsentrasi total gugus asam pada modifikasi H_2O_2 dan H_2SO_4 . Pada penelitian Ismanto dkk. (2010) melaporkan bahwa permukaan dasar dari karbon aktif mengikuti tipe Lewis dan adanya ikatan π yang kaya elektron pada lapisan grafit karbon, hal ini membuat adanya sifat basa dari permukaan karbon. Adanya struktur pyrone pada poliaromatik dari karbon juga akan menyebabkan sifat basa tersebut.

Peningkatan gugus yang mengandung oksigen menyebabkan berkurangnya kepadatan elektron pada permukaan karbon aktif dan mengakibatkan berkurangnya sifat basa dari karbon aktif. Dengan adanya gugus aktif yang bersifat asam dan basa ini akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi suatu karbon aktif terhadap suatu senyawa dan dapat meningkatkan nilai kapasitansi spesifik.

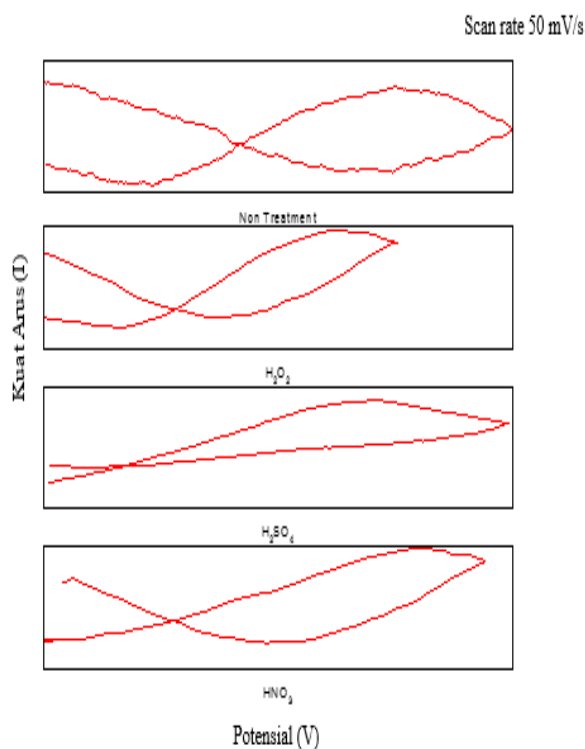
3.3 Pengukuran Kapasitansi Spesifik

Pengukuran kapasitansi spesifik yang menggunakan tiga elektroda yaitu elektroda Pt, elektroda Ag/AgCl dan elektroda pasta karbon. Elektroda Pt berfungsi sebagai elektroda pembanding, elektroda Ag/AgCl berfungsi sebagai elektroda referensi dan elektroda pasta karbon berfungsi sebagai elektroda kerja (Himmaty dan Endarko, 2013). Pengujian elektroda dilakukan dengan laju scan 50 mV/s menggunakan larutan elektrolit H_2SO_4 0,1 M.

Pengukuran kapasitansi dilakukan terhadap elektroda karbon aktif tempurung kemiri sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi yang kemudian dari voltammogramnya diperoleh data kapasitansi seperti yang tertera pada Tabel 2.

Gambar 3 memperlihatkan bentuk

voltammogram dari karbon aktif tempurung kemiri sebelum dan sesudah modifikasi dengan HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 dengan laju scan 50 mV/s. Pada Gambar 3 juga diperlihatkan arus *charge* (I_c) dan arus *discharge* (I_d). Besarnya rapat arus hampir tetap seiring bertambahnya beda potensial dan pada saat *discharge*, muatan yang keluar pun hampir stabil. Jika elektroda memiliki pori yang luas maka arus *charge-discharge*nya akan semakin besar. Distribusi pori yang banyak akan mempengaruhi kapasitansi mengakibatkan semakin meningkatnya kapasitansi spesifik. Perhitungan arus *charge* dan *discharge* kapasitansi spesifik diambil pada titik tengah masing-masing kurva.



Gambar 3. Voltammogram elektroda pasta karbon aktif tempurung kemiri sebelum dan sesudah modifikasi

Nilai Kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kemiri dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3

$$C = \frac{I_c - I_d}{S \times m} \quad (3)$$

C adalah kapasitansi spesifik ($\mu\text{F/g}$), I_c dan I_d masing-masing adalah arus *charge* dan *discharge* (A), S adalah laju scan ($\mu\text{V/s}$) dan m adalah massa karbon pada elektroda. Nilai kapasitansi dari elektroda karbon aktif tempurung kemiri sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Data Tabel 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai kapasitansi spesifik sebelum modifikasi (*non treatment*) dan sesudah modifikasi dengan HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 secara berturut-turut adalah 31,9 $\mu\text{F/g}$, 127 $\mu\text{F/g}$, 124 $\mu\text{F/g}$, dan 40,2 $\mu\text{F/g}$. Dapat dilihat bahwa modifikasi permukaan dapat meningkatkan nilai kapasitansi. Hal ini membuktikan bahwa luas permukaan bukan menjadi satu-satunya faktor yang mempengaruhi kapasitansi spesifik.

Reaktivitas gugus-gugus yang mengandung oksigen umumnya disebabkan oleh perbedaan elektronegativitas antara oksigen dan karbon atau atom hidrogen. Oksigen memiliki afinitas yang lebih besar yang membuat oksigen lebih elektronegatif dari atom karbon (karbonil dan quini) atau hidrogen. Sehingga polaritas karbon meningkat dan membuat lebih hidrofilik. Hal ini menyebabkan oksigen bermuatan parsial negatif dan kaya elektron.

Nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan masih sangat jauh dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ismanto dkk. (2010) yang memodifikasi karbon aktif menggunakan HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 yang secara berturut-turut memiliki nilai kapasitansi spesifik 264,08 F/g, 210,98 F/g, dan 240,67 F/g. Hal ini dapat disebabkan karena beberapa faktor seperti konsentrasi elektrolit yang digunakan, metode pembuatan elektroda serta pembuatan

karbon aktif yang berbeda.

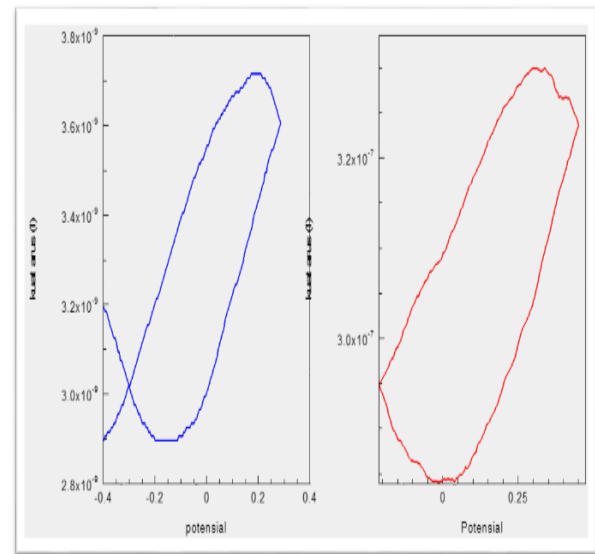
Elektroda Pasta Karbon	Laju Scan (mV/s)	Massa (gram)	I _c (μA)	I _d (μA)	C _s (μF/g)
Sebelum Modifikasi	50	0,0189	3,63	3,33	31,9
HNO ₃	50	0,0164	3,26	2,93	127
H ₂ SO ₄	50	0,0075	3,31	2,83	124
H ₂ O ₂	50	0,01755	3,44	2,34	40,2

Tabel 2. Data *Cyclic Voltammetry* elektroda pasta karbon

Pada penelitian ini dilakukan juga variasi pada laju scan. Pada Gambar 3(a) merupakan siklik voltamogram dengan laju scan 250 mV/s dan (b) laju scan 50 mV/s. secara umum dapat diamati bahwa seiring dengan peningkatan laju scan luas daerah *charge* dan *discharge* yang dihasilkan semakin meningkat.

Variasi laju scan yang digunakan pada karbon aktif tempurung kemiri modifikasi HNO₃ adalah 50 mV/s dan 250 mV/s dengan nilai kapasitansi spesifik yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3. Pada laju scan yang rendah, ion mempunyai waktu yang lama untuk dapat berdifusi kedalam pori. Ion dan elektron yang berasal dari arus yang dikumpulkan akan berdifusi secara merata ke permukaan karbon hingga ke pori meso, sehingga hal ini akan mengakibatkan peningkatan lebar kurva arus *charge* dan *discharge* yang menandakan nilai

Dari gambar juga dapat diamati bahwa bentuk siklik voltamogram yang dihasilkan hampir serupa, yaitu hampir menyerupai empat persegi panjang. Bentuk ini merupakan bentuk khas untuk superkapasitor dengan menggunakan elektroda karbon.



(a)

(b)

Gambar 3. (a) Voltammogram karbon aktif modifikasi HNO₃ dengan laju scan 250 mV/s, (b) Voltammogram karbon aktif modifikasi HNO₃ dengan laju scan 50 mV/s

dengan variasi yang berbeda. Laju scan yang 50 mV/s memiliki nilai kapasitansi spesifik sebesar 127 μV/s, sedangkan laju scan 250 mV/s mengalami penurunan sebesar 61,9 μV/ hal ini terjadi karena pada laju scan yang rendah, ion mempunyai waktu yang lama untuk dapat berdifusi kedalam pori. Ion dan elektron yang berasal dari arus yang

dikumpulkan akan berdifusi secara merata ke permukaan karbon hingga ke pori meso, sehingga hal ini akan mengakibatkan peningkatan lebar kurva arus *charge* dan *discharge* yang menandakan nilai kapasitansi yang besar, sebaliknya pada laju scan yang tinggi, ion bisa berdifusi dengan cepat tetapi hanya sampai pada permukaan

elektroda, sehingga pori-pori elektroda karbon yang kosong atau tidak terisi oleh ion akan menghasilkan kurva arus *charge* dan *discharge* yang kecil sehingga nilai kapasitansi juga semakin menurun (Herniyanti,dkk.,2015)

Elektroda Pasta Karbon	Laju Scan (mV/s)	Massa (gram)	I _c (μA)	I _d (μA)	C _s (μF/g)
HNO ₃	250	0,0247	0,0239	-0,0170	61,9
	50	0,0164	3,26	2,93	127

Tabel 3. Data *cyclic voltammetry* dengan berbagai variasi

4. KESIMPULAN

Luas permukaan karbon tempurung kemiri (*Alleurites mollucana*) menggunakan aktivator H₃PO₄ sebelum dan sesudah aktivasi berturut-turut adalah 105,127 m²/g, 112,488 m²/g, 124,940 m²/g, dan 135,167 m²/g. Modifikasi permukaan karbon aktif tempurung kemiri dengan HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂ dapat menambah gugus fungsi pada permukaan yaitu karbonil, karboksil, lakton, fenol, dan kuinon. Modifikasi permukaan karbon aktif tempurung kemiri (*Alleurites mollucana*) sebelum dan sesudah modifikasi HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂ dapat meningkatkan nilai kapasitansi spesifik yaitu secara berturut-turut 31,9 μF/g, 127 μF/g, 124 μF/g, dan 40,2 μF/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhytiawan, A.A., dan Susanti, D., 2013, Pengaruh Variasi Waktu Tahan Hidrotermal terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene, *Jurnal Teknik Pomits*, **1** (2), 45-50.
- [2] Herniyanti, S., Taer, E. dan Sugianto, 2014, Pengaruh Aktivasi Karbon Dioksida pada Produksi Karbon Aktif Monolit dari Kayu Karet, *JOM FMIPA*, **1** (2), 205-210
- [3] Himmaty, I., dan Endarko, 2013, Pembuatan Elektroda dan Perancangan Sistem *Capacitive Deionization* untuk Mengurangi Kadar Garam Pada Larutan *Sodium Clorida* (NaCl), *Jurnal Nasional Berkala Fisika*, **16** (3), 67-74.
- [4] Ismanto, A.E., Wang, S., Soetaredjo, F.E., dan Ismadji, S., 2010, Preparation of Capacitor's Electrode from Cassava Peel Waste, *Bioresource Technology*, **101** (2010), 3534-3540.
- [5] Puranto, P., 2010, Pengembangan Instrumen Pengkarakterisasi Sensor Elektrokimia Menggunakan Metode Voltametri Siklik, *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH*, **28**, 20-28.
- [6] Goertzen, S.L., Theriault, K.D., Oickle, A.M., Tarasuk, A.C., dan Andreas, H.A., 2010, Standardization of The

Boehm titration. Part I. CO₂ Expulsion and Endpoint Determination, *Carbon*, **48** (2010), 1252-1261.

- [7] Surest, A.H., Kasih, F.J.A., dan Wisanti, A., 2008, *Jurnal Teknik Kimia*, **2** (15), 17-22.
- [8] Ulfah dan Nurfaridah, S., 2014, *Hidrolisis Limbah Biomassa Tempurung Kemiri Menggunakan Hot Compressed Water dengan Katalis Pd/Al₂O₃*, Universitas Pendidikan Indonesia.
- [9] Vytras, K., Svancara, I. and Metelka, R., 2009, Carbon Paste Electrodes in Electroanalytical Chemistry, *J. Serb. Chem. Soc.*, **74** (10), 1021-1033.
- [10] Wibowo, N., Setiawan, J., dan Ismadji, S., 2004, Modifikasi Gugus Aktif Suatu Karbon Aktif dan Karakterisasinya, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, **1** (3), 39-46.